

UNIVERSITE DE BORDEAUX

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE

1922-1923 — N° 57

DONNÉES EXPÉRIMENTALES ET CRITIQUES

SUR

# LA TECHNIQUE ET L'INTERPRÉTATION DE L'ERGOGRAFIE

*Travail du Laboratoire de Physiologie du Professeur Pachon*

THÈSE POUR LE DOCTORAT EN MÉDECINE

présentée et soutenue publiquement le Mercredi 20 Décembre 1922

PAR

**François-Pierre DODEL**

Né le 28 FÉVRIER 1899, à CLERMONT-FERRAND (Puy-de-Dôme)

ÉLÈVE DU SERVICE DE SANTÉ DE LA MARINE

|                          |   |            |                       |
|--------------------------|---|------------|-----------------------|
| Examineurs de la Thèse : | { | MM. PACHON | professeur. Président |
|                          |   | POUSSON    | professeur.           |
|                          |   | GUYOT      | professeur. Juges     |
|                          |   | DELAUNAY   | agrégé .....          |

BORDEAUX

IMPRIMERIE MODERNE — A. DESTOUT AINÉ & C<sup>ie</sup>

439, Rue Sainte-Catherine et 8, Rue Paul-Bert

1922



# THÈSE

POUR LE DOCTORAT EN MÉDECINE



Digitized by the Internet Archive  
in 2026

UNIVERSITE DE BORDEAUX

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE

1922-1923 — N° 57

DONNÉES EXPÉRIMENTALES ET CRITIQUES

SUR

# LA TECHNIQUE ET L'INTERPRÉTATION DE L'ERGOGRAPHIE

*Travail du Laboratoire de Physiologie du Professeur Pachon*

## THÈSE POUR LE DOCTORAT EN MÉDECINE

présentée et soutenue publiquement le Mercredi 20 Décembre 1922

PAR

**François-Pierre DODEL**

Né le 28 FÉVRIER 1899, à CLERMONT-FERRAND (Puy-de-Dôme)

ÉLÈVE DU SERVICE DE SANTÉ DE LA MARINE

Examineurs de la Thèse :

{ MM. PACHON  
POUSSON  
GUYOT  
DELAUNAY

professeur. Président  
professeur.  
professeur. } Juges  
agréé .....

BORDEAUX

IMPRIMERIE MODERNE — A. DESTOUT AINÉ & C<sup>ie</sup>

139, Rue Sainte-Catherine et 8, Rue Paul-Bert

1922



# Faculté de Médecine et de Pharmacie de Bordeaux

M. SIGALAS ..... Doyen

## PROFESSEURS HONORAIRES :

MM. LANELONGUE, BADAL, PITRES, GUILLAUD

## PROFESSEURS :

| MM.                                    | MM.                                       |
|----------------------------------------|-------------------------------------------|
| Clinique médicale.... { ARNOZAN        | Clinique ophtalmologique.... LAGRANGE     |
| { CASSAËT                              | Clinique chirurgicale in-                 |
| Clinique chirurgicale. { CHAVANNAZ     | fantile et Orthopédie DENUCÉ              |
| { VILLAR                               | Clinique gynécologique BÉGOUIN            |
| Pathologie et théra-                   | Clinique médicale des                     |
| peutique générales. CRUCHET            | maladies des enfants MOUSSOUS             |
| Clinique d'accouchements.... RIVIÈRE   | Chimie biologique et médicale. DENIGES    |
| Anatomie pathologique et mi-           | Physique pharmaceutique.... SIGALAS       |
| croscopie clinique..... SABRAZÈS       | Médecine coloniale et clinique            |
| Anatomie..... PICQUÉ                   | des maladies exotiques.... LE DANTEC      |
| Anatomie générale et histologie        | Clinique des maladies                     |
| Physiologie..... G. DUBREUIL           | cutanées et syphilitiques... W. DUBREUILH |
| Hygiène..... AUCHÉ                     | Clinique des maladies                     |
| Médecine légale et déontologie.        | des voies urinaires... POUSSON            |
| Physique biologique et Clinique        | Clinique des maladies nerveuses           |
| d'électricité médicale..... BERGONIE   | et mentales..... ABADIE                   |
| Chimie..... CHELLE                     | Clin. d'oto-rhino-laryngologie. MOURE     |
| Botanique et matière médicale.. BEILLE | Toxicologie et hygiène                    |
| Pharmacie..... DUPOUY                  | appliquée..... BARTHE                     |
| Zoologie et Parasitologie. MANDOUL     | Hydrologie thérapeuti-                    |
| Médecine expérimentale FERRÉ           | ~ et climatologique.... SELLIER.          |

MM. PRINCETEAU (Anatomie) – GUYOT (Pathologie externe) – LABAT (Pharmacie)  
CARLES (Thérapeutique et pharmacologie) – PETGES (Vénérologie).

## AGRÉGÉS EN EXERCICE :

| MM.                                                      | MM.                               |
|----------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| Anatomie et embryologie. N...                            | Médecine générale.... { CREYX     |
| Histologie..... LACOSTE (chargé)                         | { MICHELEAU                       |
| Physiologie..... DELAUNAY                                | Maladies mentales.... PERRENS     |
| Anatomie pathologique. MURATET                           | Médecine légale..... LANDE        |
| Parasitologie et Sciences natur... { R. SIGALAS (chargé) | { ROCHER                          |
| Physique biologique et médicale. RÉCHOU                  | Chirurgie générale.... { DUVERGEY |
| Chimie biologique et médicale.. N.                       | { PAPIN                           |
| Médecine générale.... { MAURIAC                          | Obstétrique..... PERY             |
| { LEURET                                                 | Ophthalmologie..... FAUGÈRE       |
| { DUPRIÉ                                                 | Pharmacie..... TEULIÈRES          |
|                                                          | N.                                |

## COURS COMPLÉMENTAIRES :

| MM.                            | MM.                            |
|--------------------------------|--------------------------------|
| Clinique dentaire..... CAVALIÉ | Puériculture..... ANDÉRODIAS.  |
| Médecine opératoire... VENOT.  | Démonstrations et préparations |
| Accouchements..... FAUGÈRE.    | pharmaceutiques..... LABAT.    |
| Ophtalmologie..... CABANNES.   | Chimie..... RANGIER.           |
|                                | Pathologie interne.... CREYX.  |

Orthopédie chez l'adulte, pour les accidentés du travail, les mutilés de guerre et les infirmes. MM. ROCHER  
Cours complémentaire annexe. — Prothèse et reéducation professionnelle..... GOURDON.

Par délibération du 5 août 1879, la Faculté a arrêté que les opinions émises dans les Thèses qui lui sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'elle entend ne leur donner ni approbation ni improbation.

## A LA MÉMOIRE DE MES GRANDS-PARENTS

---

### A MON PÈRE -- A MA MÈRE

Vous m'avez toujours donné l'exemple  
du Devoir et du Travail; pour tous les  
sacrifices que vous vous êtes imposés pour  
moi jusqu'à ce jour, trouvez ici l'expression  
de ma profonde reconnaissance et de mon  
respect filial.

---

### A MA FIANCÉE BIEN-AIMÉE

A MES AMIS

A MES CAMARADES DU CORPS DE SANTÉ DE LA MARINE

ET DES COLONIES

---

A MES MAITRES

DES HOPITAUX ET DE L'ÉCOLE DE MÉDECINE DE CLERMONT-FERRAND

---

A MES MAITRES

DES HOPITAUX ET DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE BORDEAUX

A MONSIEUR LE DOCTEUR BELLOT

MÉDECIN GÉNÉRAL DE 1<sup>re</sup> CLASSE DE LA MARINE

DIRECTEUR DE L'ÉCOLE PRINCIPALE DU SERVICE DE SANTÉ DE LA MARINE

COMMANDEUR DE LA LÉGION D'HONNEUR

OFFICIER DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE

---

A MONSIEUR LE DOCTEUR AURÉGAN

MÉDECIN EN CHEF DE 1<sup>re</sup> CLASSE

SOUS-DIRECTEUR DE L'ÉCOLE PRINCIPALE DU SERVICE DE SANTÉ

DE LA MARINE

OFFICIER DE LA LÉGION D'HONNEUR

OFFICIER DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE

A MON MAÎTRE

MONSIEUR LE PROFESSEUR BILLARD

PROFESSEUR DE PHYSIOLOGIE

DIRECTEUR DE L'ÉCOLE DE MÉDECINE DE CLERMONT-FERRAND

MÉDECIN DES HOPITAUX

CHEVALIER DE LA LÉGION D'HONNEUR

OFFICIER DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE

Un destin favorable m'a fait devenir  
votre élève et tandis que vous guidiez mes  
premiers pas dans la carrière médicale,  
votre parole simple et féconde mettait en  
moi l'amour de la Physiologie.

Je vous assure ici de toute ma gratitude  
et du grand désir que j'ai de rester long-  
temps encore votre élève.

A MON MAÎTRE ET PRÉSIDENT DE THÈSE

MONSIEUR LE PROFESSEUR V. PACHON

PROFESSEUR DE PHYSIOLOGIE A LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE BORDEAUX

MEMBRE CORRESPONDANT DE LA SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

ET DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

MEMBRE ASSOCIÉ DE LA SOCIÉTÉ ROYALE DES SCIENCES MÉDICALES

ET NATURELLES DE BRUXELLES

CHEVALIER DE LA LÉGION D'HONNEUR

OFFICIER DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE

Pour la bienveillante bonté avec laquelle vous accueillites dans votre laboratoire le jeune étudiant venu de ce pays d'Auvergne qui s'honore de vous, je suis heureux de vous dire toute ma reconnaissance.

Durant les trois années que j'eus la bonne fortune de passer auprès de vous, vous m'avez prodigué, avec de précieux encouragements, d'incomparables enseignements de la méthode expérimentale.

Acceptez, pour tout le bien que je vous dois, le modeste hommage de ce travail.



DONNÉES EXPÉRIMENTALES ET CRITIQUES

SUR

# LA TECHNIQUE ET L'INTERPRÉTATION DE L'ERGOGRAPHIE

---

## INTRODUCTION

---

L'étude du travail musculaire à l'ergographe de Mosso — ou bien à l'aide d'appareils construits suivant le même principe — a tenté beaucoup d'expérimentateurs et nombreuses sont les publications sur ce sujet. Trop nombreuses, peut-être, car à côté de faits indiscutables, comme certains de ceux que présentèrent au début Mosso et Maggiora, on en trouve d'autres moins bien établis qui ont servi de base à des déductions, par cela même, un peu frêles. Quelques auteurs ont fait des études surtout théoriques, d'autres ont envisagé l'ergographie sous un jour défectueux et ont demandé à la méthode ce qu'elle ne peut donner. Une mise au point, après revision du sujet, nous a semblé nécessaire ; c'est là ce que nous avons tenté, sur les conseils de notre maître le Professeur Pachon, qui n'a cessé de nous guider au cours de ce travail.

A côté d'une étude critique des méthodes employées en ergographie, nous apportons un certain nombre de recherches personnelles que nous nous sommes efforcé de conduire dans un esprit d'expérimentation aussi rigoureux que possible.

La PREMIÈRE PARTIE de cette étude est consacrée à l'*examen des techniques*, que nous discutons en détail :

Un premier chapitre traite des moyens d'isoler le groupe musculaire qui travaille.

Un second chapitre est consacré au choix de la résistance qu'il convient de donner à vaincre à ce groupe musculaire.

Un troisième chapitre traite de la mesure du travail mécanique et se subdivise en deux paragraphes : l'un, où l'on examine les conditions mécaniques du muscle en travail ; l'autre, où l'on s'occupe de la mesure proprement dite du travail grâce à notre *sélecteur de travail*.

La DEUXIÈME PARTIE est consacrée à l'*interprétation d'une courbe de fatigue* :

Dans un premier chapitre, après quelques considérations générales sur les modes courants du travail musculaire humain, nous étudions quelle est celle de ces modalités qui est reproduite et qui peut être étudiée par la méthode de Mosso.

Dans un second chapitre nous étudions la question des rapports de la forme de la courbe avec la qualité du travail et nous proposons un *module de travail en régime d'épuisement rapide*.

Dans un troisième chapitre nous nous préoccupons et faisons la preuve de la valeur pratique de ce module par son application à des courbes de fatigue en série prises d'une part, chez des individus non entraînés, d'autre part, chez des individus entraînés.

---

## PREMIÈRE PARTIE

---

### Étude critique des techniques ergographiques

L'ergographe tel que l'a présenté Mosso en 1890 (1) est un appareil composé essentiellement : d'un support, d'une charge à soulever et d'un enregistreur du travail.

Le support est destiné à maintenir l'avant-bras et la main du sujet en expérience. C'est une planchette inclinée à 30°, munie de quatre coussinets concaves, opposés deux à deux, que l'on peut rapprocher pour enserrer l'avant-bras, et de deux tubes métalliques fixes dans lesquels sont introduits l'index et l'annulaire. Le médius seul est libre entre ces deux tubes.

Le poids est suspendu au médius par l'intermédiaire d'une cordelette réfléchie sur une poulie.

L'appareil enregistreur est constitué par un curseur intercalé sur le trajet de la cordelette, guidé par deux tiges rigides et reposant sur un butoir. Ce curseur porte un style qui inscrira sur un cylindre de Marey tournant à faible vitesse tous les déplacements de la cordelette, c'est-à-dire du poids.

Un métronome battant la seconde rythme les mouvements de flexion du médius. La hauteur à laquelle le muscle soulève le poids diminue graduellement jusqu'à zéro ; c'est la ligne qui réunit les sommets de ces soulèvements sur le cylindre enregistreur qui constitue la courbe de fatigue toujours identique à elle-même pour un même individu et dans les mêmes conditions physiologiques.

(1) Mosso, Les lois de la fatigue, étudiées dans les muscles de l'homme. *Arch. ital. de Biol.*, 1890, t. XIII.

Un ruban métrique ajouté à l'appareil totalise les hauteurs de ces soulèvements successifs.

Tel est l'appareil qui fut présenté avec la méthode ergographique. Il a eu à subir de nombreuses critiques et de non moins nombreuses modifications que nous allons voir. Dans cette étude nous considérerons trois points principaux :

- 1° Les moyens d'isoler le groupe musculaire qui travaille ;
  - 2° La nature de la résistance donnée à vaincre à ces muscles ;
  - 3° La mesure exacte du travail mécanique accompli à l'ergographe de Mosso.
-

## CHAPITRE PREMIER

---

### *Isolation<sup>(1)</sup> d'un groupe musculaire*

Le choix d'un muscle ou d'un groupe musculaire que l'on peut facilement isoler fut le premier soin de Mosso. Après s'être adressé à différents muscles, tels que le deltoïde, le biceps brachial, le gastrocnémien, les masséters, le fléchisseur du pouce, il reconnut que les fléchisseurs donnaient seuls les résultats désirés.

Cette opinion est peut-être un peu absolue. Trèves, en effet, faisant travailler le biceps brachial (2), arrive à isoler sinon le biceps, tout au moins les fléchisseurs de l'avant-bras sur le bras. Le sujet étant debout contre une planche, un coussinet empêche l'ascension de l'épaule tandis qu'une courroie, placée un peu au-dessus du coude, immobilise le bras.

Polimanti (3) d'un côté, Tigerstedt (4) de l'autre ont décrit des appareils donnant la possibilité d'isoler le travail des fléchisseurs du pied. Patrizi a construit un ergographe permettant l'oscillation de la jambe d'arrière en avant. J. Camus (5) a récemment décrit un ergographe général destiné à enregistrer le

(1) Ce mot est employé généralement en électricité. Pour le langage ergographique, nous l'empruntons à LABAËYE (Thèse de Bordeaux 1917), car il rend très exactement l'idée, le suffixe « ation » marquant l'action exprimée par le verbe.

(2) TRÈVES, Sur les lois du travail musculaire. *Arch. ital. de Biol.*, t. XXX.

(3) POLIMANTI, Ergographia de pede. *Arch. di farmacol. Exper.*, 1910.

(4) TIGERSTEDT, Ein Ergograph für untere Extremität. *Arch. f. Physiol.*, 1913.

(5) J. CAMUS, Ergographe général. *C. R. Soc. Biol.*, 1913.

travail des différents groupes musculaires, mais il n'a pas insisté sur les modes de contention qui assureront l'isolation de ces groupes de muscles. Nous avons nous-même réalisé de façon très simple l'isolation, soit des fléchisseurs, soit des extenseurs de l'avant-bras : L'épaule du sujet était fixée par des courroies au dossier d'une chaise, elle-même attachée à une table. Le bras reposait par sa partie dorsale sur cette table. Les mouvements du bras étaient ainsi limités dans le sens longitudinal ; les mouvements de latéralité, moins importants, étaient aussi empêchés. Le poids à soulever étant soit en avant, soit en arrière du sujet, ce n'était que par le jeu des extenseurs ou des fléchisseurs de l'avant-bras qu'il pouvait exécuter un mouvement de traction.

Les raisons invoquées par le physiologiste de Turin pour écarter d'une expérience ergographique l'emploi d'autres muscles que les fléchisseurs du médus ne nous paraissent donc pas être sans appel. Aussi ne considérerons-nous l'ergographie des fléchisseurs du III<sup>e</sup> doigt, dont nous nous sommes particulièrement occupé, que comme une étude type, facilement et aussi rigoureusement réalisable avec d'autres groupes musculaires.

Mais encore doit-on apporter grand soin aux modes de contention qui seuls permettront d'isoler parfaitement tel ou tel groupement de muscles. Nous allons étudier de près l'isolation des fléchisseurs du médus, voir comment elle est réalisée d'habitude, comment elle peut l'être.

La cordelette de traction étant placée sur la deuxième phalange, Binet et Vaschide (1) font remarquer que la flexion du médus à l'ergographe se décompose, à l'insu du sujet, en quatre temps : dans un premier temps la première articulation interphalangienne entre seule en jeu ; au deuxième temps se place la flexion de la première articulation et de l'articulation métacarpophalangienne ; un troisième temps, celui de la flexion de l'articulation métacarpophalangienne seule ; enfin un quatrième temps, traction du poignet et du bras.

(1) BINET et VASCHIDE, Un nouvel ergographe. Etude critique de l'ergographie. *Année Psychol.*, 1898.

Que signifient ces divers temps ? L'anatomie enseigne que les muscles fléchisseurs du médus sont au nombre de quatre : les fléchisseurs commun superficiel, commun profond, les interosseux et les lombricaux. Ces muscles ont chacun une action particulière sur la flexion, que Labaeye (1) a schématisée dans un tableau d'ensemble. Ces actions sont faciles à comprendre si l'on veut se reporter aux modes d'insertion de ces muscles sur le squelette des doigts.

La couche superficielle du fléchisseur commun superficiel donne un tendon séparé par le médus. Ce tendon se divise en deux languettes entourant le tendon profond et venant s'insérer à la partie moyenne des bords rugueux qui limitent la face palmaire excavée de la deuxième phalange.

Le fléchisseur commun profond donne un tendon pour le III<sup>e</sup> doigt, s'engageant entre les deux languettes du fléchisseur superficiel avec lesquelles il contracte souvent des adhérences et s'insère à la base de la phalange unguéale.

Les lombricaux naissent sur le bord radial du tendon du fléchisseur profond et vont se fusionner avec l'expansion tendineuse de l'interosseux correspondant.

Les interosseux dorsaux — on ne décrit pas, en effet, d'interosseux palmaire pour le III<sup>e</sup> doigt — nés sur les métacarpiens, s'insèrent, avec les lombricaux, d'une part sur un tubercule de la première phalange, d'autre part sur les extenseurs des doigts.

Il est clair, d'après ces données anatomiques, que les fléchisseurs profonds et superficiels fléchissent la deuxième et la troisième phalange, tandis que les interosseux et les lombricaux fléchiront la première phalange en étendant les deux autres.

Ces notions classiques permettent de rapporter chacun des trois premiers temps que signalent Binet et Vaschide à des actions musculaires bien déterminées. Il ne faudrait cependant pas être trop schématique ; on conçoit difficilement, en effet, les interosseux et lombricaux n'étant pas en synergie fonctionnelle étroite avec les fléchisseurs profond et superficiel.

(1) LABAEYE, Contribution à l'étude critique et expérimentale de l'ergographie par la méthode de Mossó. Thèse de Bordeaux 1917.

On peut considérer ces muscles comme un groupement autonome, le groupe de fléchisseurs du médus.

Telle n'est pas l'opinion de Binet et Vaschide qui, pour écarter l'action des lombricaux et interosseux, immobilisent la première phalange dans un anneau fixé au support. Hough pense aussi comme ces auteurs et croit donner expérimentalement une preuve du trouble qu'apportent les interosseux et lombricaux dans une expérience à l'ergographe. Il prend une courbe de fatigue en permettant la flexion des trois articulations du médus. Ayant fixé la première phalange, il prend ensuite une courbe *avec le même poids*. Dans le premier cas la courbe a une forme parabolique; dans le second, au contraire, elle est hyperbolique (1).

L'auteur aussitôt de conclure que les lombricaux sont cause d'une erreur évidente. Cette objection est facile à lever si l'on considère que Hough a fait travailler dans les deux cas des groupes de muscles différents par leur puissance, avec le même poids (*moderately heavy weights*). Mosso a montré dès 1890 combien la charge avait d'influence sur la forme de la courbe. Nous dirons aussi qu'il n'est pas certain du tout que deux groupes de muscles différents (fléchisseurs communs-lombricaux-interosseux d'une part, fléchisseurs communs d'autre part) donnent la même forme de courbe de fatigue. Aussi croyons-nous pouvoir, sans erreur, permettre la flexion du médus entier et étudier ainsi la fatigue du groupe des fléchisseurs de ce doigt.

Le mouvement de traction du poignet et du bras, qui se place au quatrième temps de Binet et Vaschide, constitue, au contraire, un grave écueil qui, pour avoir été méconnu, a faussé sans doute beaucoup de résultats expérimentaux.

Le mode de contention ordinaire par quatre coussinets qui serrent l'avant-bras est très défectueux, étant donnée la forme légèrement conique de ce segment de membre. Quelle que soit l'attention apportée par le sujet, il y a toujours un mouvement de rétraction de l'avant-bras libre dans ce mouvement de recul.

(1) Hough, Ergographic studies in neuromuscular fatigue. *Am. J. of Physiol.*, 1910, t. V, p. 243.

Cette imperfection a été signalée par certains auteurs qui ont essayé d'y parer, soit par un changement de la position de la main, soit par divers modes de contention. C'est ainsi que Hough (1) conseille de mettre la main en pronation, la paume regardant vers le sol. Kraepelin proposait d'entourer la paume de la main avec des lanières de cuir; Binet et Vaschide (2) semblent adopter ce mode de fixation.

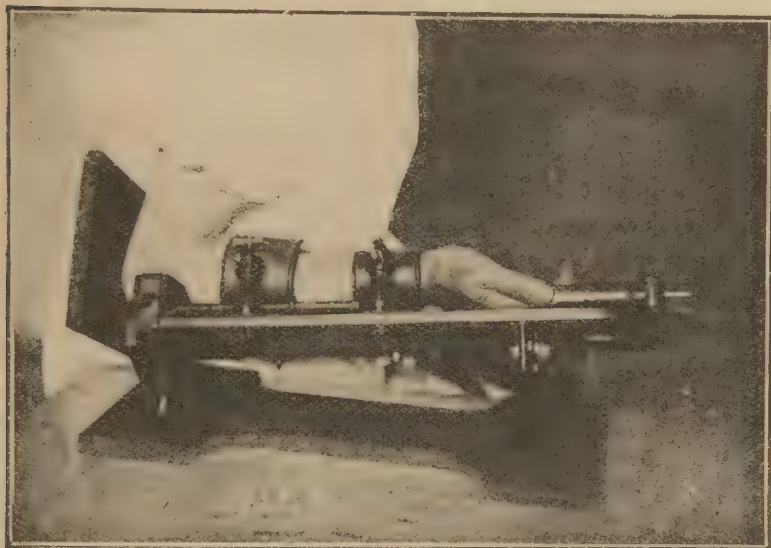


FIG. 1. EXPÉRIENCE ERGOGRAPHIQUE. — *Position et dispositif de Pachon.*

Le bras du sujet est fléchi et le coude appuie contre un plan résistant vertical.

Le Professeur Pachon a résolu ce problème d'une façon plus simple; voici sa technique : « Au lieu d'avoir le bras dans le prolongement de l'avant-bras, le sujet assis et regardant dans une direction perpendiculaire à celle de l'appareil est à côté de l'appareil, le corps penché en avant, de façon que le bras forme avec l'avant-bras un angle très aigu (3) ». A cette position qui

(1) HOUGH, *Loc. cit.*, p. 243.

(2) BINET et VASCHIDE, *Loc. cit.*

(3) *In* Thèse LABAËYE, p. 30.

empêchait déjà en grande partie tout mouvement de traction par le bras, Pachon a ajouté une planchette verticale et mobile que l'on peut fixer très exactement contre le coude du sujet, entravant ainsi toute tentative de recul du bras (1).

C'est avec cette technique que nous avons poursuivi toutes nos expériences. Le problème nous paraît ainsi résolu par cette position, associée à ce mode de contention.

---

(1) Voir Thèse CRESPIX, Etude critique sur l'ergographie de Mosso. Bordeaux 1920, p. 16.

## CHAPITRE II

---

### *Les*

### *divers types d'ergographes et le choix de la résistance*

**Ergographe à poids.** — L'auteur de la méthode ergographique, après plusieurs essais, s'est arrêté à l'emploi d'un poids constant qu'il donne comme résistance à vaincre au muscle qui travaille. Ce poids n'est pas choisi arbitrairement, mais tel qu'il donne le maximum de travail mécanique dans des conditions de fatigue rapide, ainsi que l'a établi Maggiora.

La technique de Mosso et de ses collaborateurs a été combattue par beaucoup d'auteurs, dont les objections principales sont les suivantes :

L'ergographie à poids constant ne permet pas de se faire une idée de la puissance absolue du muscle, c'est-à-dire de tout le travail qu'il est capable de fournir. On peut, en effet, obtenir de nouveau du travail lorsque le muscle, ayant fourni une courbe de fatigue, semblait épuisé et pour cela il suffit simplement de diminuer un peu la valeur du poids. De même à la fin de l'ergogramme, ce muscle qui, ne pouvant plus soulever le poids, ne produit plus de travail mécanique, fournit cependant une quantité considérable de travail physiologique (ou intérieur) en se contractant isométriquement. Au début de l'ergogramme, en outre, le sujet a nettement l'impression qu'au bout du raccourcissement qui lui est permis par le levier osseux, le muscle n'a pas dépensé toute la force dont il était capable [ Trèves(1), Binet et Vaschide(2), Franz(3), Hough(4) ].

(1) TRÈVES, Sur les lois du travail musculaire. *Arch. ital. de Biol.*, 1898, t. XXX.

(2) BINET et VASCHIDE, *Loc. cit.*

(3) FRANZ, On the methods of estimating the force of voluntary muscular contractions and on the fatigue. *Am. J. of Physiol.*, 1900.

(4) HOUGH, *Loc. cit.*

Franz ajoute à ces critiques que le raccourcissement variant du commencement à la fin de l'expérience, les conditions d'irrigation changent, intenses au début, plus restreintes à la fin, de sorte que le muscle n'est pas comparable à lui-même à l'une et à l'autre de ces périodes.

Ce même auteur accuse encore l'ergographie à poids d'être entachée de phénomènes importants d'inertie de position d'abord, d'inertie de mouvement ensuite. Il signale une indentation sur la ligne ascendante du tracé de la contraction, qui se produirait du fait que la vitesse du poids n'est pas égale à celle du raccourcissement. Nous n'avons jamais vu de semblable crochet avec des poids moyennement lourds tels que le poids optimum; il n'a lieu qu'avec des poids très faibles.

**Méthode de A. Broca et Ch. Richet** (1). — Ces auteurs recherchant les lois du travail constant se sont servis de l'ergographe à poids constant, avec lequel ils font des contractions de faible amplitude à un rythme très rapide.

**Méthode de Trèves** (2). — Dans le dessein d'obtenir du muscle toute la force dont il est capable, partant du « principe d'allègement » étudié expérimentalement par Fick, Trèves diminue la valeur du poids au cours des contractions rythmiques jusqu'à une valeur qui permet un travail constant, sans décroissance de la hauteur des soulèvements. Le muscle a alors atteint son régime de travail permanent.

Le poids initial que fait soulever Trèves est le plus lourd que puisse soulever le muscle avec le maximum de raccourcissement.

Les premières objections contre l'ergographe à poids sont ainsi très fortement infirmées et l'auteur pense obtenir ainsi toute la quantité de travail dont est capable le muscle.

Franz (3), reconnaissant la valeur théorique de cette méthode, la considère comme à peu près impossible à réaliser pratiquement.

(1) A. BROCA et Ch. RICHTER, De quelques conditions du travail musculaire chez l'homme. *Arch. de Physiol.*, 1898, p. 224.

(2) TRÈVES, Sur les lois du travail musculaire. *Arch. ital. de Biol.*, t. XXX et XXXIII.

(3) FRANZ, *Loc. cit.*

Les objections que formulent Trèves, Binet et Vaschide, Franz et Hough sont irréfutables si, comme l'ont fait ces auteurs, on demande à l'ergographie d'indiquer la force entière dont est capable un muscle. Nous verrons dans la II<sup>e</sup> Partie ce qu'il faut penser de cela, ainsi que des appareils dont nous allons maintenant faire l'étude.

**Ergographes à ressort.** — Devant les imperfections de l'ergographe à poids, des auteurs tels que Binet et Vaschide (1), Cattell (2), Schenck (3), Hough (4) ont pensé à s'adresser à la résistance que peut offrir au muscle la tension d'un ressort. Dans la traction sur un ressort, font-ils remarquer, la force élastique croît avec l'allongement et par conséquent aussi la force qui contrebalance celle-là. Le travail mécanique produit pour allonger un ressort est donné par la loi de Hooke incluse dans cette formule :

$$w = R \frac{d^2}{2} \quad (5).$$

$w$  étant le travail mécanique,  $R$  la constante propre du ressort et  $d$  la longueur du déplacement.

Lors d'une première contraction, le muscle, trouvant une résistance de plus en plus grande, a la possibilité de dépenser complètement sa force disponible. La charge se met donc, automatiquement, en rapport avec la force du sujet en expérience.

Au cours de l'ergogramme, le raccourcissement diminuant, la résistance devient de plus en plus faible et s'adapte ainsi à la puissance du muscle qui décroît progressivement.

Telles sont les principales raisons qu'invoquent ceux qui ont préconisé cette méthode. Mais, elles aussi, sont sujettes à la critique.

Franz montre que l'épuisement du muscle n'est guère mieux réalisé à l'aide d'un ressort qu'à l'aide d'un poids. Dans des expériences précises, en effet, cet auteur, remplaçant le fort ressort avec lequel travaillait le muscle, par un ressort plus

(1) BINET et VASCHIDE, *Loc. cit.*

(2) CATTELL, *Psychological Review*, 1898, p. 151.

(3) SCHENCK, *Arch. f. d. ges. Physiol.*, 1900, t. LXXXII p. 384.

(4) HOUGH, *Loc. cit.*

(5) FRANZ, *Loc. cit.* p. 350.

faible voit la quantité de travail mécanique augmenter considérablement (1) (de 19 Kgcms elle passe à 30 Kgcms). Le muscle n'était donc pas épuisé complètement.

Les objections faites à l'ergographie à poids, au sujet des variations dans l'irrigation sanguine, trouvent là aussi leur place.

Trèves (2) fait à peu près les mêmes critiques que Franz.

Plus récemment, Athanasiu a démontré que les conditions les meilleures pour obtenir d'un muscle tout le travail qu'il peut donner sont acquises quand on peut faire décroître la résistance avec le degré du raccourcissement (3). C'est exactement l'inverse qui se produit dans l'ergographie à ressort.

**Ergographes isométriques.** — Pour profiter des qualités du ressort tout en maintenant le raccourcissement constant, on avait songé à employer la méthode des contractions isométriques. Le dynamomètre ovale ordinaire fut d'abord employé. Franz en fit la critique. Il dit, avec raison, que des groupes musculaires différents agissent au cours d'une même expérience, par le fait du glissement de l'instrument dans la main. Le dynamomètre ovale ne s'adaptant pas à toutes les mains, la comparaison entre individus devient très difficile. Aussi, Franz (4) fait agir le muscle sur un ressort ordinaire et moyen par l'intermédiaire d'un levier réducteur. Le mouvement du doigt est insignifiant, tandis que l'allongement du ressort se fait normalement. L'auteur pense avoir éliminé toutes les imperfections de l'ergographe à ressort, les variations dans la nutrition des muscles n'existant plus, ainsi que les phénomènes d'inertie.

Ce qui nous étonne, c'est que celui qui a critiqué si justement l'emploi de ressorts en contraction isotonique ne s'est pas inquiété de savoir si les mêmes objections n'étaient pas possibles contre sa propre méthode. Il nous paraît pourtant très probable que la tension du ressort a la même influence sur la

(1) FRANZ, *Loc. cit.*, p. 359.

(2) TRÈVES, Ueber gegenwärtigen Stand unserer Kenntniss die Ergographie betreffend. *Arch. f. die ges. Physiol.*, t. LXXXVIII, p. 38.

(3) ATHANASIU, Ergographe double à bille. *Tr. Ass. Institut Marey*, 1910.

(4) FRANZ, *Loc. cit.*, p. 364.

marche de l'épuisement du muscle, quel que soit le mode de traction qu'on lui impose. Et, peut-être, la méthode isométrique ne nous donne-t-elle pas plus la puissance absolue du muscle que la méthode isotonique.

**Dynamométrographe de Stein.** — Un appareil tout différent a été présenté par Stein dans *Le Physiologiste Russe* (1906, n<sup>os</sup> 75-80). En voici la description que rapporte Athanasiu (1) :

« Si l'une des extrémités d'une tige d'acier est fixée sur un axe et l'autre terminée par un poids, à mesure que l'axe se déplacera, le poids se soulèvera peu à peu, mais la dépense de force sera de plus en plus grande à mesure que le poids se rapprochera de l'angle de rotation (c'est-à-dire de la ligne horizontale). Une fois l'horizontale dépassée, le poids continuant à s'élever s'allégera de plus en plus, jusqu'à ce qu'il atteindra la position verticale. On pourra facilement s'en convaincre en soulevant le poids dans la direction de l'axe de rotation. C'est cette augmentation progressive du poids jusqu'à l'angle droit qui donne la possibilité de mesurer la force. »

Dans ces conditions, cet appareil se comporte à peu près comme un ergographe à ressort et est passible des mêmes critiques.

Si l'on ne fait partir le poids que de la position horizontale, la résistance décroît constamment du commencement à la fin de la contraction du muscle; c'est là un principe appliqué par Athanasiu et que nous allons étudier maintenant.

**Ergographe double à bille de J. Athanasiu** (2). — Cet auteur pense que les appareils destinés à mesurer la puissance des muscles doivent remplir trois conditions dont il justifie la nécessité :

« 1<sup>o</sup> Il faut que la force contre laquelle lutte le muscle aille en diminuant du commencement à la fin du raccourcissement;

» 2<sup>o</sup> Cette force doit perdre toute relation avec le muscle à la fin de la contraction, quand ce dernier est appelé à faire seulement du travail positif;

(1) ATHANASIU, *Loc. cit.*, p. 120.

(2) ATHANASIU, *Loc. cit.*

— Ergographe à bille. *C. R. Soc. Biol.*, 2 janvier 1908.

» 3° L'ergographe doit offrir au muscle la possibilité de travailler en régime permanent. »

Aucun des appareils que nous avons trouvés jusque là ne réalise ces conditions, c'est pourquoi Athanasiu construisit son ergographe double à bille, dont voici la description :

« Une bille *D* parfaitement sphérique et en acier massif constitue le poids à soulever. Elle peut rouler longitudinalement sur deux plateaux *A* et *B*, en aluminium, qui peuvent basculer autour d'un axe transversal et horizontal *C*, lequel est fixé sur la table *F*. Leurs bords sont contournés en gouttière pour guider la bille dans son mouvement et l'empêcher de tomber. Les muscles tirent au moyen de cordes extensibles sur les extrémités libres de ces deux plateaux. Quand l'une se soulève, il se forme un plan incliné et la bille roule de l'autre côté. Elle est arrêtée par une paroi solide recouverte d'un matelas de flanelle pour amortir le choc. La bille doit se trouver à l'extrémité libre du plateau quand le muscle se soulève; il faut donc empêcher son recul. A cette fin, chaque plateau présente, vers l'extrémité libre, quatre fentes longitudinales. D'autre part, quatre baguettes en bois se trouvent fixées sur la table et quand le plateau est horizontal ces baguettes font saillie à sa face supérieure et empêchent la bille de reculer. Les courbes de soulèvement sont inscrites sur deux cylindres enregistreurs qui tournent en sens inverse. Quand on veut faire travailler les muscles fléchisseurs des doigts de la main, on peut employer les mêmes moyens d'inscription et de fixation de la main que dans l'ergographe de Mosso.

» Pour le gastrocnémien de la grenouille, on peut se servir du myographe de Marey... »

Pour l'évaluation du travail mécanique d'appréciation difficile, Athanasiu donne une formule mathématique.

Cet appareil nous paraît le plus parfait pour la mesure de la puissance d'un muscle, celui-ci étant dans les meilleures conditions physiologiques; nous ferons cependant une critique capitale comme à tous les autres types d'ergographes qui n'emploient pas la méthode de Mosso à poids constant.

Cette critique n'a pas trait à la solution expérimentale des problèmes posés par les auteurs, mais à la position même de ce problème.

Sans y insister ici, nous dirons que dans la vie courante on ne voit pas en général un ouvrier travailler avec un poids qui devient de plus en plus faible parallèlement à la fatigue. Nous ne voyons pas davantage un manœuvre soulever une charge qui diminue ou qui croît pendant qu'il l'élève.

Or, dans les types d'ergographes que nous avons étudiés, ou bien l'allègement du poids va progressivement avec la fatigue, comme dans la méthode de Trèves, ou bien l'allègement se fait au cours même d'une contraction, comme dans l'ergographe d'Athanasiu, ou bien, au contraire, il y a accroissement de la charge, comme dans les ergographes à ressort.

Toutes ces conditions — avantageuses peut-être pour obtenir l'épuisement réel et total du muscle — sont en désaccord avec l'observation des faits courants. Nous verrons dans le premier chapitre de la deuxième partie que l'ergographe à poids constant de Mosso permet seul de se placer dans les conditions du travail mécanique ordinaire de l'homme et de les reproduire expérimentalement.

---

## CHAPITRE III

### *Mesure du travail mécanique à l'ergographe de Mosso*

#### **1° Conditions mécaniques du groupe musculaire en travail**

L'appareil de Mosso est-il assimilable à un myographe ordinaire? Telle est la première question que l'on doit se poser si l'on veut étudier les moyens de mesurer le travail mécanique à l'ergographe.

Mosso le premier s'est occupé de la question, car il y a lieu,

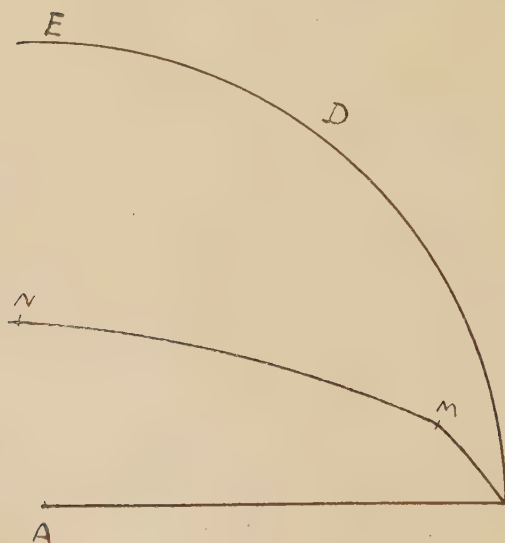


FIG. 2. — (d'après Mosso)

cercle *BDE*, mais Mosso a montré que, par suite du jeu des articulations interphalangiennes et métacarpophalangiennes, la traction se fait suivant une ligne telle que *BMN* (*fig. 2*), *B* étant

en effet, de se demander si le déplacement du curseur, se faisant en ligne droite, est bien égal au déplacement du doigt qui, lui, se fait suivant une ligne qui n'est pas une droite. On pourrait supposer que le doigt tire la cordelette suivant un arc de

le point d'attache de la cordelette et  $A$  l'axe de rotation du doigt entier. Cette ligne s'éloigne assez de l'arc de cercle  $BDE$  pour que l'on puisse considérer que dans la portion  $MN$  la traction se fait suivant une ligne droite.

Trèves (1) et d'autres attachent une grande importance à l'angle sous lequel tire le muscle. Ce point ne doit pas retenir, croyons-nous, toute l'attention qu'on lui a portée, car en définitive le muscle n'accomplit de travail utile qu'autant qu'il lui est opposé de travail résistant (2) et les éléments du calcul de ce travail sont fournis d'une part par le poids, d'autre part par le chemin parcouru inscrit par le curseur.

Franz (3) a de plus objecté qu'à l'ergographe de Mosso, la longueur du levier osseux des doigts, très variable suivant les individus, apportait un élément d'erreur. Avec un doigt court, dit-il, on peut avoir un muscle fort et inversement. De sorte qu'avec un poids donné (given weight) la puissance musculaire mesurée en kilogrammètres paraîtra plus grande chez l'individu à muscle faible, mais à doigt long. Cette objection ne saurait exister si Franz avait pris garde à la notion de poids optimum. Cette notion lui aurait permis de se rendre compte que le poids optimum du muscle fort et à levier court est plus grand que le poids optimum du muscle grêle à levier long, de telle sorte qu'au résultat final c'est le muscle fort qui a bien la puissance la plus grande.

Nous dirons aussi un mot de la position que doit occuper la cordelette de traction sur le doigt. D'après les considérations anatomiques que nous avons développées dans le Chapitre Premier, on comprend qu'il ne faille pas la placer à la racine de la deuxième phalange dans le pli de l'articulation interphalangienne, comme le préconise Zoth (4), mais c'est à la partie moyenne de la deuxième phalange que doit être placé le point

(1) TRÈVES, *Loc. cit.*, t. LXXXVIII.

(2) CRESPIN, *Loc. cit.*, p. 17.

(3) FRANZ, *Am. J. of Physiol.*, 1900, p. 352.

(4) ZOTH, *Ergographische Versuche über die Erholung des Muskels. Arch. f. die ges. Physiol.*, CXI.

de fixation. Franz et Hough (1) ont donné de petits dispositifs composés de deux plaques métalliques concaves dans lesquelles on peut engainer la deuxième phalange. La plaque dorsale porte un petit crochet auquel est fixée la cordelette de traction du poids.

*La position du butoir* est, elle aussi, intéressante à étudier, Trèves, en effet, dit que l'élasticité du muscle croît avec la fatigue, de telle façon que, à la fin d'une expérience ergographique, le curseur peut reposer sur le butoir, sans que le muscle soit complètement tendu comme il l'était au début. Cet auteur explique ainsi que le muscle se reposant puisse reprendre une nouvelle énergie et donner des tracés oscillants comme ceux observés par W. Lombard et Maggiora. Il y a donc intérêt à tendre le muscle le plus possible au début de l'expérience, en plaçant le butoir au maximum de distance, permettant cependant le repos du muscle entre les contractions.

## **2° Le sélecteur de travail : son rôle et son importance dans la mesure exacte du travail mécanique.**

La plupart des expérimentateurs ont cru obtenir la valeur du travail accompli à l'ergographe de Mosso en multipliant le chemin parcouru, donné par le ruban métrique, par le poids soulevé. Il y a là une erreur importante, ainsi que l'enseigne notre maître, le Professeur Pachon; le ruban métrique ne totalise que les chemins parcourus pendant la phase positive du travail mécanique.

Or, pour un soulèvement inscrit et mesuré à l'ergographe, il y a trois modes de travail à totaliser : pendant la contraction il se fait du travail mécanique positif; avant le relâchement du muscle se place une courte période de soutien qui correspond à une dépense en travail — ou mieux effort — statique; au cours de la décontraction, enfin, le muscle retient involontairement le poids, produisant ainsi du travail négatif ou résistant. Ces trois modalités correspondent, Chauveau l'a montré, à une

(1) FRANZ, Hough, *Loc. cit.*

dépense chimique importante et il y aurait intérêt à connaître leurs effets extérieurs. L'appréciation du travail négatif et du travail statique est très difficile.

Nous avons tâché, sur les conseils de M. Pachon, d'éliminer le travail résistant des expériences ergographiques et voici l'appareil que nous avons proposé (1) :

« Aux deux extrémités d'un moyen mobile, autour d'un axe  $A$ , sont deux roues dentées : une très grande de rayon  $R$  est fixée au moyen; elle est à dents couchées sur lesquelles joue un cliquet  $K$  ne permettant le mouvement que dans le seul sens de la flèche  $F$ . A l'autre extrémité est une roue dentée de rayon  $r$ , libre dans le sens de la flèche  $F'$  et entraînant le moyen dans le sens opposé, celui de la flèche  $F$ . Sur le moyen lui-même (de rayon  $r'$ ) est enroulé dans le sens positif un câble supportant le poids  $P$ . Sur la roue dentée  $r$  passe une chaîne supportant d'un côté le poids  $P + p'$  et reliée de l'autre côté au chariot  $C$  de l'ergographe de Mosso. Le sujet qui tire sur le chariot de l'ergographe soulève le poids  $P + p'$ ; la roue  $r$  tourne dans le sens de la flèche  $F'$ , sens dans lequel elle n'entraîne pas le moyen. Dans la contraction, tout se passe comme à l'ergographe ordinaire. Le relâchement du muscle a pour conséquence la chute du poids  $P + p'$ ; mais alors, la roue  $r$  est entraînée dans le sens de la flèche  $F$ , sens dans lequel elle est solidaire du moyen. Dans ce mouvement, le moyen est obligé de soulever le poids  $P$  antagoniste de  $P + p'$ . Le système, dans la descente du poids  $P + p'$ , ne se mettra donc en mouvement que sous l'influence de la différence  $P + p' - P$ . Dans sa décontraction, c'est-à-dire lorsqu'il accomplit du travail négatif, le muscle n'a à retenir que le poids  $p'$ . Ce poids supplémentaire, nécessaire pour mettre le système en marche, est réduit au minimum. L'inertie des différentes parties de l'appareil absorbe la plus grande partie de  $p'$ , de sorte que le muscle en expérience n'a que quelques grammes à retenir pendant sa période de travail négatif. »

(1) P. DOBEL, Sur un dispositif permettant de supprimer le travail négatif à l'ergographe de Mosso. *C. R. Soc. Biol.*, 4 avril 1922.

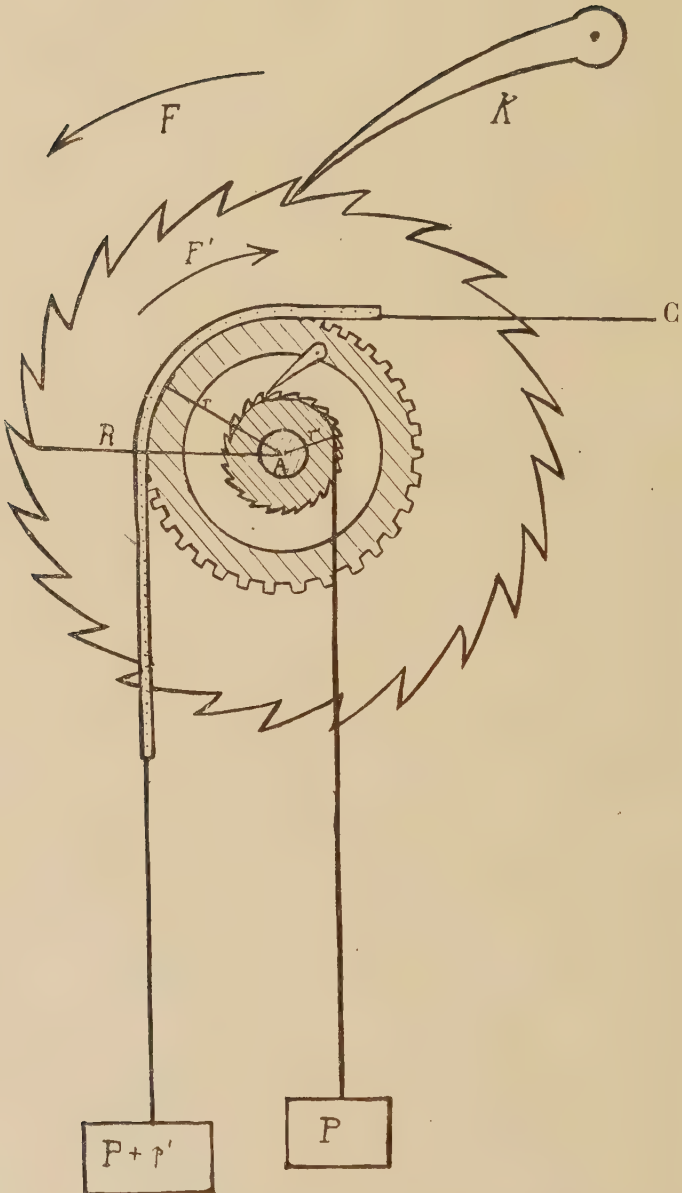


FIG. 3. — Sélecteur de travail de l'auteur (vue schématique en projection verticale).

Le système tout entier est monté sur un support élevé d'environ 1 mètre du sol. De plus, l'axe de rayon  $r$  sur lequel s'enroule la cordelette du poids antagoniste  $P$  est trois fois plus petit que l'axe de rayon  $r$  sur lequel passe la cordelette de traction de  $P + p'$ .

Il n'est pas nécessaire de dire que  $P$  est naturellement presque trois fois plus lourd que  $P + p'$ . Quels que soient les diamètres des axes employés les calculs respectifs de  $P$  et de  $P + p'$  sont très faciles par la formule mécanique des moments des forces qui devient ici :

$$(P + p') \times r = P \times r'$$

On aura le soin de ne pas oublier la charge supplémentaire pour le poids sur lequel s'opère les tractions, cette charge devant être déterminée par talonnement.

Mais il faut bien remarquer en outre que à un déplacement de  $P + p'$  correspondra un déplacement de  $P$  — dans le cas particulier — trois fois moindre. De sorte que si la cordelette de  $P$ , avant d'arriver au terme de son enroulement, a 1 mètre à parcourir, le poids  $P + p'$  pourra être soulevé à une hauteur qui par totalisation atteint 3 mètres. Cette dernière hauteur est rarement atteinte dans les ergogrammes de Mosso.

Nous avons, depuis peu, apporté un perfectionnement à notre dispositif. Il est facile de se rendre compte, en effet, que le procédé d'encliquetage que nous avons employé est une source d'erreurs. Le mouvement de retour soit de la roue  $r$ , soit de la roue  $R$ , n'est arrêté qu'après un temps perdu provenant du glissement du cliquet sur le dos de la dent jusqu'à ce qu'il ait rencontré la portion verticale contre laquelle il doit buter. Ce défaut fait que, au début de la contraction, alors que le style inscrit du travail positif, le muscle ne soulève qu'une charge insignifiante,  $P + p' - P$ , le cliquet ne bloquant pas instantanément la roue  $R$ . De même, au début de la décontraction, avant que l'encliquetage ne joue pour fixer la roue  $r$ , il y a un temps perdu pendant lequel le muscle retient  $P + p'$ , ce qui est contraire au principe de notre appareil. Ces temps perdus sont assurément très courts, mais n'en sont pas moins de graves inconvénients.

Nous avons pu nous en débarrasser par un système d'encliquetage à galet dont voici le mécanisme théorique (*fig. 4*) :

Une partie *MN* est mobile par rapport à une autre *PP*. Dans l'épaisseur de *MN*, en regard de *PP*, est creusée une niche dont le plan inférieur *AB* est incliné. Sur ce plan repose un galet *G* d'un diamètre tel qu'il occupe, au milieu de *AB*, tout l'espace compris entre *PP* et *MN*. Il est maintenu dans cette

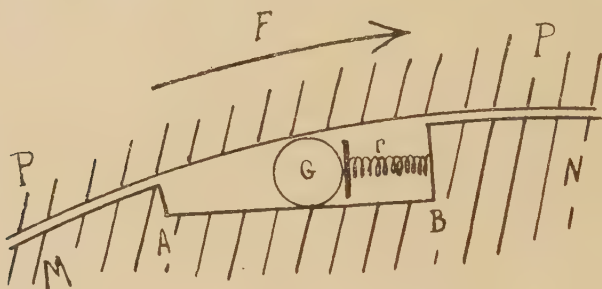


FIG. 4. — Encliquetage à galets.

position par un petit ressort *r*. De cette façon, *PP* se déplaçant dans le sens *F* roulera sur le galet et tendrait à l'entraîner vers *B* si le ressort ne s'y opposait. Mais si l'on veut faire déplacer *PP* en sens inverse, le galet sera entraîné vers *A* dans une portion trop étroite pour son diamètre et où, ne pouvant plus rouler, il bloquera sans temps perdu la partie *PP* devenue ainsi solidaire de *MN*.

Nous avons trouvé ce mécanisme réalisé dans un modèle de roue libre d'une maison américaine, nous l'avons aussi fait reproduire par un mécanicien.

Appliqué à notre dispositif, cet encliquetage lui donne pratiquement sa rigueur théorique.

Nous proposons de désigner ce dispositif, qui a pour effet de supprimer le travail négatif, sous le nom de « Sélecteur de travail » ; cette expression traduit bien, à notre sens, la fonction de cet appareil qui est de faire un choix — ou mieux un triage — parmi les différentes formes de travail imposées au muscle dans une expérience ergographique.

Le travail négatif étant ainsi éliminé, le travail statique est

très facile à supprimer par un peu d'entraînement du sujet, il est, en effet, bien plus facile de relâcher, aussitôt après la contraction, un muscle qui ne retient aucun poids qu'un muscle qui est obligé de lutter contre l'influence de la pesanteur.

On peut donc dire que, grâce au sélecteur, le muscle n'accomplit que du travail positif. Ce travail est le seul inscrit et mesuré à l'ergographe de Mosso. Le ruban métrique nous donnera la longueur du chemin parcouru, nous connaissons le poids soulevé, c'est donc sans erreur que nous pourrons exprimer le travail mécanique accompli pendant un ergogramme, par la formule :

$$T = P \times H.$$

---



## DEUXIÈME PARTIE

---

### Interprétation des résultats de l'Ergographie

#### CHAPITRE PREMIER

---

##### *Les modalités du travail musculaire et la méthode ergographique*

Si l'ergographe de Mosso eut à subir tant de critiques, c'est qu'il ne répondait pas au désir des expérimentateurs qui ont cherché dans cette méthode ce qu'elle ne donne pas.

Sans nous occuper de ceux qui, se tournant vers la psychophysiologie, ont voulu tirer de la méthode des conclusions relatives à des influences sensorielles ou psychiques(1) sur les centres nerveux, tous les auteurs ont vu dans l'ergographe un appareil qui devait leur permettre d'apprécier la force totale dont était capable un muscle. L'appareil de Mosso est certes loin de répondre à un tel but(2), aussi ces expérimentateurs se sont-ils tournés vers d'autres techniques que nous avons étudiées au cours de la Première Partie. Ont-ils réussi dans leur dessein? Ce n'est pas le lieu de le discuter ici, nous dirons cependant que nous ne le croyons pas : ils ont pu arriver à obtenir d'un muscle tout le travail qu'il pouvait fournir, mais cela dans des conditions relatives, dont celle, qui n'est pas des moindres, de

(1) HOCH et KREPLIN, Ueber die Wirkung der Teebestandtheile auf Körperliche und geistige Arbeit, *Psychol. Arbeiten*, 1893.

MÜLLER (R.), Ueber Mosso's Ergographen. *Wundt's Philosoph. St.* 1901.

FÉRÉ, Série de notes *C. R. Soc. Biol.*, 1900 et 1903.

(2) Voir page 24.

rythme du travail. Ce facteur capital a été laissé dans l'ombre par tous, sauf Maggiora (1) et Zoth (2).

C'est pourquoi l'ergographie est venue jusqu'ici sans que l'on ait pu cueillir les fruits qu'elle promettait ; on ne l'a regardée que d'un côté mauvais et sans issue. Le problème a été mal posé ; Mosso a voulu rechercher les « lois de la fatigue », mais il n'a pas précisé dans quelles conditions elle devait apparaître. Ses collaborateurs et ses continuateurs ont été hypnotisés par le ruban métrique, par la somme de travail fourni, par l'épuisement absolu du muscle. Ils n'ont pas levé les yeux sur la chose importante qu'est la courbe, cette caractéristique individuelle (Pachon).

Nous apportons, ici, un jour nouveau sous lequel on devra regarder la méthode ergographique. Le physiologiste tâche de reproduire expérimentalement les phénomènes vitaux, dans des conditions faciles pour l'observation et l'analyse. Dans ce cas particulier, nous avons cherché dans la méthode de Mosso le moyen simple de reproduire, pour les analyser, les conditions du travail musculaire courant de l'être humain. Ce mode de reproduction expérimentale est-il fidèle ? C'est ce que nous allons examiner.

### **Les formes du travail musculaire humain**

Trèves, parlant de sa méthode d'allègement progressif, dit : « Il n'est pas difficile de voir que la courbe de travail musculaire, telle qu'elle résulte des précédentes recherches, correspond de très près à ce que l'expérience quotidienne nous apprend ; jamais personne, après avoir exécuté de forts travaux musculaires en parfaites conditions physiologiques, n'a été au point de ne pouvoir plus, avec les mêmes muscles, fournir aucun travail (3). »

Il y a dans ce passage une condamnation de la méthode à

(1) MAGGIORA, Les lois de la fatigue étudiées dans les muscles de l'homme. *Arch. ital. de Biol.*, XIII, 1890.

(2) ZOTH, Ergographische Versuche ueber die Erholung des Muskels. *Arch. f. die ges. Physiol.*, CXI, 1906.

(3) TRÈVES, Les lois du travail musculaire. *Arch. ital. de Biol.*, t. XXX.

poids constant de Mosso ; mais cet arrêt a, peut-être, été pris un peu à la légère, voyons ce que disent A. Broca et Ch. Richet qui se sont occupés eux aussi du travail permanent à l'ergographe : « Nos muscles, disent-ils, peuvent travailler de deux manières différentes : ou bien ils donnent un effort considérable qui les épuise en un temps très court, ou bien ils donnent un effort moindre, mais qui peut se maintenir en régime régulier pendant plusieurs heures » (1). Ces auteurs ne sont pas tombés dans l'erreur de Trèves et n'ont pas rejeté la méthode de Mosso, voyant bien qu'elle s'appliquait au premier des modes de travail qu'ils décrivent.

D'une façon plus large, on peut considérer plusieurs manières de travailler qui chacune seront étudiées par des moyens différents. *Très schématiquement*, nous ramènerons ces modalités à quatre types principaux :

1° *L'effort statique* dépensé dans le soutien d'une charge, par exemple, est un mode fréquent, le plus souvent intercalé parmi les autres formes de travail.

2° *Le travail en régime permanent* habituel chez l'ouvrier et à peu près seul envisagé dans l'étude du travail professionnel, se trouve aussi dans les exercices sportifs tels que les courses de fond, par exemple.

3° *Le travail en régime d'épuisement rapide*, selon l'expression que nous proposons pour désigner ce mode qui nécessitant de gros efforts amène rapidement une fatigue extrême, sans pour cela que le muscle soit absolument épuisé ; ce mode est loin d'être exceptionnel, de règle dans les exercices de vitesse, il est fréquent aussi dans le travail professionnel. Il est, en effet, des métiers qui nécessitent non pas un effort moyen et régulièrement continué, mais des séries d'efforts considérables interrompues de repos.

4° *Enfin, l'effort brusque, rapide et unique*, tel que celui du lanceur, du sauteur.

Ces types étant établis, voyons quelles seront les méthodes d'étude à appliquer à chacun d'eux.

(1) A. BROCA et Ch. RICHET, *C. R. Ac. des Sciences*, 1898.

### **Reproduction expérimentale du travail en régime permanent et du travail en régime d'épuisement rapide.**

Nous laisserons de côté les deux formes de travail de l'effort statique et de l'effort brusque rapide et unique dont l'étude sera faite plus utilement par d'autres moyens que l'ergographie. Nous attachant seulement au travail en régime d'épuisement et au travail en régime permanent, voyons si l'ergographie nous en permet l'étude.

I. — Pour le second de ces modes on a vu comment Trèves, Broca et Ch. Richet, Athanasiu pensaient en obtenir la reproduction expérimentale. Pour juger de la valeur de leurs méthodes il convient de jeter un coup d'œil sur les conditions de travail que l'on peut quotidiennement observer : L'homme qui porte un fardeau à une longue distance réduit-il le poids de sa charge lorsque sa force commence à faiblir, réduit-il le poids au cours même d'un de ses pas ? Nous avons observé qu'il ralentit la marche. Pour nous exprimer plus mécaniquement, cet homme a réduit le nombre de kilogrammètres-seconde qu'il devait fournir non pas par une diminution du nombre de kilogrammes, mais par le ralentissement du rythme de son travail.

Il y a là une condition que seul Piasecki (1) paraît avoir entrevue ; des recherches sont à faire dans ce sens qui aboutiraient sans aucun doute à substituer aux notions de poids maximal initial et de poids maximal constant de Trèves, celles de rythme maximal initial et de rythme maximal constant.

Donc, contrairement à ce que pensent Trèves et Athanasiu, nous ne croyons pas que pour la reproduction expérimentale du travail en régime permanent, on doive proscrire l'ergographie à poids constant, qui peut reproduire le plus fidèlement ce qui se passe dans la vie courante.

II. — Pour ce qui est du travail en régime d'épuisement rapide, la méthode de Mosso est la méthode de choix. Ses détracteurs eux-mêmes le reconnaissent ; Hough n'écrit-il pas en

(1) PIASECKI, *Bulletin Ac. des Sciences de Cracovie*, 1908.

effet : « It must at the same time be remembered that, in the study of fatigue, the use of weight presents certain advantages over that of the spring. At the meeting of the American Physiological Society, in New-Haven, December 1899, the writer pointed out that the worth of our muscles consists for the greater part either in sustained contractions or tone, as in the work of the various antagonists engaged in maintaining the erect position, or else in a series of liftings of an approximately constant weight, and that this weight is usually far below the maximum for the given muscle. It is only necessary to recall Walking, running, wood-chopping, rowing, swimming, etc., to realize that the weight ergograph actually represents the condition which produces fatigue in the daily life of the human body; and it would be a serious mistake to abandon altogether this type of instrument in fatigue experiments (1). »

Dans une expérience ergographique à poids constant, en effet, comme dans une course de vitesse par exemple, le sujet donne à chaque instant l'effort le plus considérable qu'il peut jusqu'à arriver à cette sorte de parésie qui marque la fatigue, l'épuisement — apparent, peut-être, mais du moins pratique — du muscle. Le coureur entraîné, au début d'une course de 400 mètres, ne sentira aucune gêne dans ses mouvements, il lui semblera même, comme au début des contractions à l'ergographe qu'il ne donne pas tout ce qu'il peut, mais les derniers mètres lui sembleront affreusement pénibles. Cet exemple peut suffire à entraîner la conviction que l'ergographe de Mosso reproduit exactement les conditions ordinaires du travail en régime d'épuisement rapide.

La modification que nous avons apportée par notre sélecteur de travail complète la ressemblance. Athanasiu écrit au sujet de la suppression du travail négatif : « Les muscles peuvent alors se relâcher librement comme cela se passe dans l'organisme où les antagonistes entrent en action pour ramener les pièces du squelette à leur position initiale (2). »

(1) HOUGH, *Am. Journ. of Physiol.*, 1901, p. 242.

(2) ATHANASIU, *Trav. de l'Assoc. de l'Institut Marey*, 1910, p. 118.

### **Poids optimum**

Mosso avait signalé l'influence de certaines conditions, en particulier du poids, sur la forme de la courbe. Cette forme varie en effet suivant la charge que l'on impose au muscle et perdrait dès lors toute valeur de caractéristique individuelle si l'on ne choisissait pas un poids déterminé. Rosenthal avait démontré que pour les muscles de grenouille, travaillant au myographe, il existe une charge pour laquelle ils donnent le maximum de travail. Maggiora (1), appliquant cette notion à l'homme, prit des courbes ergographiques avec divers poids et reconnut que le maximum de travail était obtenu avec un poids qui n'était ni le plus grand, ni le plus petit, mais l'optimum, variable avec chaque muscle et chaque individu.

Dans la reproduction du travail en régime d'épuisement rapide, nous adoptons sans réserve cette notion de poids optimum, car elle correspond à une condition mal connue mais réelle que nous pressentons dans le travail ordinaire. Les muscles du membre inférieur ont une force absolue qui est en moyenne de 150 kilos tandis que le poids moyen d'un homme n'est que de 65 kilos. Ces muscles ont donc à accomplir un travail avec un poids qui est loin d'être maximum et qui est, peut-être, sans qu'on puisse le démontrer, le poids optimum. L'entraînement, qui a pour but une meilleure utilisation des forces, n'a peut-être pour effet que de donner aux muscles des jambes d'un coureur une puissance telle, qu'à un rythme de travail donné le poids de son corps se trouve être l'optimum de ces groupes musculaires. C'est probablement là une des conditions physiologiques de la « forme » athlétique.

Ajoutons aussi que la notion de poids optimum permet une comparaison rigoureuse de deux individus, éliminant l'influence des leviers osseux invoquée par certains pour disqualifier l'ergographe de Mosso comme instrument de comparaison.

Ce sont ces raisons qui nous ont fait adopter, dans la repro-

(1) MAGGIORA, *Loc. cit.*

duction expérimentale du travail mécanique en régime d'épuisement rapide l'ergographie à poids constant (optimum et à rythme régulier (une contraction toutes les deux secondes).

La courbe de fatigue obtenue dans ces conditions nous paraît le tracé fidèle du type d'épuisement du muscle; ce type est variable avec chacun et fait que nous ne ressemblons pas à notre voisin lorsque les circonstances de notre vie physique nous obligent à donner ce que la langue populaire appelle dans sa poésie le « coup de collier ».

---

## CHAPITRE II

---

### *Définition et établissement d'un module de travail en régime d'épuisement rapide*

Il est une question que les auteurs ont en général négligée et que nous trouvons pour la première fois posée par Jolevko (1), celle de la lecture d'une courbe de fatigue. Nous entendons par là l'expression précise qui traduira la forme de cette courbe, cette forme étant toujours la même, dans des conditions physiologiques identiques, pour un même individu.

On décrit quatre types d'ergogrammes selon le profil de leurs contours. Il y a le type convexe ou parabolique, le type concave ou hyperbolique, le type rectiligne, enfin le type en *S* italique; des exemples de ces types ont été donnés, en particulier, par Crespin dans sa thèse.

Ces cadres sont larges et il est des courbes que l'on est bien embarrassé de classer, intermédiaires, par exemple, entre la ligne droite et la parabole ou l'hyperbole. Souvent la courbe légèrement en *S* présente une prédominance soit de la portion convexe, soit de la portion concave; sous quel type ranger alors de telles courbes si différentes l'une de l'autre?

On ne saurait songer pour cela à la notion du « soulèvement médian » qui selon Binet et Vaschide donnerait souvent une idée assez exacte de la marche de la fatigue. On comprend facilement qu'une telle donnée est tout à fait indépendante de la forme de la courbe.

Il ne faut rien attendre, à ce point de vue, non plus du « quotient de fatigue » de Jolevko,  $\frac{H}{N}$ , obtenu en divisant la

(1) J. JOLEVKO, La fonction musculaire. O. Doin, édit., Paris 1909, p. 364.

longueur totale par le nombre de soulèvements. L'auteur n'a pas prétendu faire de cette relation un indice de la qualité du travail, mais « l'expression de cette part inégale que peuvent prendre les muscles et les centres nerveux dans l'accomplissement du travail total (1) ». Pour montrer combien ce quotient de fatigue est indépendant de la forme de la courbe, Crespin construit deux courbes théoriques ayant même quotient, mais de forme différente (2).

**Equation de la courbe de Joteyko et Ch. Henry.** — Continuant ses études d'ergographie avec la collaboration mathématique de Ch. Henry, Joteyko établit que la courbe de fatigue est une parabole du troisième degré dont l'équation est :

$$\eta = H - at^3 + bt^2 - ct$$

«  $\eta$  est l'effort à chaque instant (hauteur de la contraction),  $H$  l'effort maximum initial (en millimètres),  $t$  le temps (unité de temps : deux secondes, les contractions se faisant d'habitude à ce rythme,  $a$ ,  $b$ ,  $c$ , des constantes ou paramètres). »

La valeur de ces paramètres est toujours identique dans des conditions physiologiques identiques, comme la courbe elle-même et constitue une « caractéristique mathématique ».

L'équation de Joteyko et Ch. Henry atteint le but proposé, mais elle est exposée à rester une expression trop algébrique pour quelques-uns. Cette équation ne vaut d'ailleurs que pour les courbes à un seul point d'inflexion, les courbes à deux points d'inflexion, qui sont la règle, nécessitent une équation du quatrième degré.

**Module de travail en régime d'épuisement.** — Nous croyons être arrivé à une relation mathématique simple, qui traduit avec une précision convenable le type de courbe de fatigue.

Voici par quel raisonnement nous sommes parvenu à ce but :

Une idée originale émise et développée par Crespin, dans sa thèse, fut le point de départ de nos réflexions.

Cet auteur considère dans une courbe ergographique  $AC$  la

(1) JOTEYKO, *Loc. cit.*, p. 346.

(2) CRESPIN, *Loc. cit.*, p. 25.

surface  $ABC$  couverte par l'inscription des soulèvements. Si le muscle, dit-il, avait fonctionné à la façon d'une machine parfaite, maintenant jusqu'à la fin son raccourcissement initial, il aurait couvert le rectangle  $ABCD$ . La perte de force résultant de la fatigue est donc représentée par ce qu'a perdu le muscle, c'est-à-dire par la surface  $ACD$ .

Crespin pèse le rectangle  $ABCD$  et les surfaces  $ABC$  et  $ACD$  qu'il appelle l'une surface de travail (+), l'autre surface de fatigue (—). Du rapport de la surface de travail à la surface totale, il fait un indice de rendement du muscle.

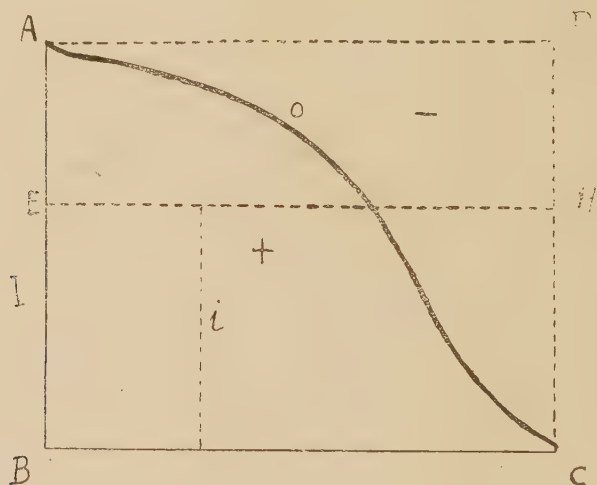


FIG. 5.

Etant donné ce point de départ, nous calculons la hauteur moyenne des soulèvements  $i$ , en divisant la longueur totale  $H$  par leur nombre  $N$ . C'est le « quotient de fatigue ».

$$\frac{H}{N} = i.$$

Un muscle qui donnerait des soulèvements égaux d'une hauteur égale à  $i$ , pendant le temps nécessaire pour l'inscription de la courbe  $AOC$ , produirait le même travail que le muscle qui inscrit la courbe  $AOC$ . La limite de cette courbe de travail équivalent serait la ligne  $EH$  parallèle à la ligne  $BC$  des abscisses.



Cette ligne  $AC$  est la diagonale du rectangle  $ABCD$  ; les triangles  $ACD$  et  $ABC$  sont donc égaux, égaux aussi et par conséquent sont les rectangles  $AEHD$  et  $EBCH$ .  $EB$  est donc égal à  $AE$  et l'expression devient :

$$\frac{EB}{AB} = \frac{i}{I} = \frac{1}{2}$$

Si la courbe devient convexe la surface positive deviendra plus grande et  $EB$  grandira aux dépens de  $AE$ , ce qui s'écrit mathématiquement

$$\frac{AE}{AB} = \frac{i}{I} > \frac{1}{2}$$

Dans le cas contraire, si la courbe tend vers l'hyperbole :

$$\frac{AE}{AB} = \frac{i}{I} < \frac{1}{2}$$

Ce rapport qui suit très exactement les variations de la courbe pourra servir à en apprécier la forme et souvent tranchera des équivoques. Dans les courbes en  $S$ , en effet, suivant que la partie convexe sera plus ou moins importante en regard de la partie concave, le rapport  $\frac{i}{I}$  sera plus ou moins grand que  $\frac{1}{2}$ .

Une objection pourrait être faite contre ce que nous avançons. Si l'on considère le cas de deux courbes en  $S$ ,  $AOPC$  et  $AGFC$  (fig 6), ayant même hauteur initiale, même hauteur moyenne et dont les parties convexes et les parties concaves sont exactement égales, le rapport  $\frac{i}{I}$  ne peut indiquer la différence importante qui existe entre les deux courbes.

On doit reconnaître que cette objection est bien théorique, ces conditions ne se trouvant, en pratique, jamais réalisées.

La forme d'une courbe parle, certes, mieux aux yeux que des chiffres, mais c'est une notion un peu vague qui retirera plein bénéfice de ce rapport que nous proposons de lui adjoindre. Nous le désignerons sous le nom *module de travail en régime d'épuisement rapide* ( $Mt$ ).

---

### CHAPITRE III

---

#### *Application du module de travail à l'étude des courbes ergographiques dans les cas d'entraînement et de non entraînement*

Puisque nous avons une forme individuelle de travail en régime d'épuisement rapide, que nous pouvons en voir l'image gravée dans les contours d'une courbe de fatigue, que nous pouvons en préciser les modalités grâce au module de travail, il faut savoir ce que valent les différents types ergographiques, interpréter la courbe de fatigue.

Pour amorcer cette étude, nous avons quelques faits objectifs que nous allons rapporter et d'où nous tirerons ensuite les conséquences.

Au cours d'une série de recherches que nous avons entreprises sur les ergogrammes pris en série, avec des temps de repos insuffisants de façon à faire apparaître ce que Lehman a appelé la fatigue rémanente, nous avons remarqué des variations dans la forme de ces ergogrammes (1).

On voit en effet qu'un sujet non entraîné donne au bout de peu de temps des ergogrammes de forme tout à fait différente du premier (*fig. 7, p. 51*). La courbe normale de ce sujet est en effet du type parabolique et la courbe n° 5 est nettement du type opposé, hyperbolique.

Si le sujet continue quotidiennement ses expériences ergographiques, il arrive plus ou moins vite à un état — d'entraînement peut-être — tel qu'il lui permet de fournir, dans les mêmes

(1) P. DODEL, Sur les variations de forme de la courbe ergographique avec l'entraînement dans les ergogrammes en série. *C. R. Soc. Biol.*, 7 mars 1922.

conditions qu'au début (repos de deux minutes entre chaque ergogramme) des courbes dont le type reste à peu près constant, comme on peut le constater sur la ligne inférieure de nos tracés.

Nous avons appliqué notre module de travail en régime d'épuisement rapide à l'étude de ces ergogrammes, nous avons trouvé : pour la ligne supérieure :

$$\text{n}^{\circ} 1 \text{ } Mt = 0,62$$

$$\text{n}^{\circ} 5 \text{ } Mt = 0,36$$

pour la ligne inférieure :

$$\text{n}^{\circ} 1 \text{ } Mt = 0,56$$

$$\text{n}^{\circ} 5 \text{ } Mt = 0,58$$

On peut ainsi apprécier avec une grande exactitude — pour un même individu — la perte subie par le muscle du fait de la fatigue accumulée progressivement. On peut aussi se rendre compte qu'avec de l'entraînement, la valeur du module ne diminue pas (elle a même légèrement augmenté au cinquième ergogramme). La simple inspection des courbes nous donnait l'allure générale du phénomène, le module de mesure.

De là, il est permis de conclure qu'un muscle dans des conditions de grande fatigue (tel celui qui a donné le n° 5 à la ligne supérieure de nos tracés) et, par conséquent, dans des conditions défectueuses de travail, a un module de travail en régime d'épuisement inférieur à  $1/2$ . Ceci ne veut cependant pas dire qu'un sujet dont le module normal est inférieur à  $1/2$  produise un travail de moins bonne qualité qu'un autre dont le module normal est supérieur à  $1/2$ . C'est possible, mais non encore démontré.

Ce même muscle, au contraire, rendu par l'entraînement à des conditions plus favorables, garde son module normal. Cette constance du module correspondrait à cet état mal défini du muscle entraîné qui peut réparer rapidement sa fatigue et atteindre par là le maximum du rendement.

Les faits exposés dans ce chapitre et leurs conséquences montrent bien la valeur du module de travail en régime d'épuisement rapide appliqué à la mesure de la qualité relative d'un muscle, chez un même individu. Tandis que dans le cas parti-



FIG. 7. — Tracés supérieurs : Ergogrammes en série d'un groupe musculaire non entraîné (fléchisseurs du médus).  
Tracés inférieurs : Ergogrammes en série du même groupe musculaire entraîné.

culier d'ergogrammes en série le simple examen des courbes de fatigue ne permet que de se rendre compte du sens général des variations de qualité du travail mécanique, le module permet de mesurer cette donnée et il atteint peut-être par là un des buts principaux de l'ergographie.

---

## CONCLUSIONS

---

I. — Le travail isolé d'un groupe musculaire, en fait celui des fléchisseurs du III<sup>e</sup> doigt, peut être parfaitement assuré à l'ergographe de Mosso par la position et le dispositif de Pachon.

II. — La résistance donnée à vaincre au muscle doit être un poids constant, si l'on veut se placer dans les conditions ordinaires du travail.

III. — Un *sélecteur de travail*, du type de celui que nous proposons, permet de supprimer le travail négatif dans les expériences ergographiques et de rendre ainsi plus exact le calcul du travail réellement produit.

IV. — Le travail musculaire courant, dans la vie ordinaire, est susceptible de se présenter sous les quatre modalités suivantes : l'effort rapide, brusque et unique, l'effort statique, le travail en régime permanent et le travail en régime d'épuisement rapide. La méthode ergographique de Mosso à poids et rythme constant permet une reproduction expérimentale de cette dernière modalité.

V. — Les courbes ergographiques permettent d'établir un rapport :

$$Mt = \frac{i}{I}$$

dans laquelle  $i$  représente la hauteur moyenne,  $I$  la hauteur initiale de soulèvements, et qui constituera un *module de travail en régime d'épuisement rapide* ( $Mt$ ).

VI. — Chez l'individu soumis d'emblée à une expérience ergographique, donc non entraîné, le module qui peut tout

d'abord être plus grand que  $\frac{1}{2}$ , passe peu à peu, avec la fatigue rémanente, à une valeur de plus en plus basse; au contraire, après quelques jours d'entraînement, chez le même individu et dans les mêmes conditions techniques d'expérience, le module de travail se maintient au-dessus de  $\frac{1}{2}$ . Le module de travail  $Mt$  en régime d'épuisement rapide traduit donc bien et de façon précise l'accroissement de valeur acquise par le groupe musculaire en expérience, au cours de l'entraînement.

Vu, bon à imprimer :

*Le Président,*

V. PACHON.

Vu :

*Le Doyen,*

D<sup>r</sup> C. SIGALAS.

Vu et permis d'imprimer :

Bordeaux, le 7 décembre 1922.

*Le Recteur de l'Académie,*

R. THAMIN.

## TABLE DES MATIÈRES

---

|                                                                                                                                                     | Pages |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| INTRODUCTION .....                                                                                                                                  | 11    |
| PREMIÈRE PARTIE. — <i>Etude critique des techniques ergogra-</i><br><i>phiques</i> .....                                                            | 13    |
| CHAPITRE PREMIER. — Isolation d'un groupe musculaire.....                                                                                           | 15    |
| CHAPITRE II. — Description des types d'ergographes et choix<br>de la résistance.....                                                                | 21    |
| CHAPITRE III. — Mesure du travail mécanique à l'ergographe<br>de Mosso .....                                                                        | 28    |
| 1° Conditions mécaniques du muscle en travail .....                                                                                                 | 28    |
| 2° Le sélecteur de travail, son rôle et son importance<br>dans la somme du travail mécanique .....                                                  | 30    |
| DEUXIÈME PARTIE. — <i>Interprétation des résultats de l'ergogra-</i><br><i>phie</i> .....                                                           | 37    |
| CHAPITRE PREMIER. — Les modalités du travail musculaire et la<br>méthode ergographique .....                                                        | 37    |
| CHAPITRE II. — Définition et établissement d'un module de<br>travail en régime d'épuisement rapide .....                                            | 44    |
| CHAPITRE III. — Application du module de travail à l'étude<br>des courbes ergographiques dans les cas d'entraînement et<br>de non entraînement..... | 49    |
| CONCLUSIONS.....                                                                                                                                    | 53    |





